Odbitka z IIgo tomu Spraw. Wydz. mat. przyrod. Akad. Umiejęt.

O powstawaniu i znikaniu skrobi
w gałeczkach zieleni.

przez

Dra Emila Godlewskiego.

Badając pod silném powiększeniem, gałeczki zieleni liścia wystawionego przez dłuższy czas na działanie światła, dostrzeżemy z łatwością w każdéj z nich jedno lub więcéj ziarnek, łamiących światło silniéj, niż reszta istoty składającéj też gałeczki. Ziarnka te przy bliższém badaniu za pomocą odczynników, okazują się być złożonemi z istoty skrobiowéj. Ten dowód obecności skrobi w gałeczkach zieleni, wykryty został po raz pierwszy przez Mohla [1]) w ramienicy. Następnie badania Nägeliego, Grisa i Böhma wykazały, że nie tylko w ramienicy, ale niemal we wszystkich roślinach gałeczki zieleni zawiérają skrobię. W prawdzie w wielu wypadkach proste użycie jodu nie wystarcza do wykrycia skrobi, ale i wtedy o obecności jéj z łatwością przekonać się można w sposób następujący:

---

[1]) *Vermischte Schriften bot. Inh.* 1845 s. 315.

Kawałki badanego liścia, wrzuca się do silnego wyskoku i wystawia na działanie światła, aż do całkowitego odbarwienia się tychże. Gdy barwa zielona liścia zniknie zupełnie, przyrządza się z niego delikatne wycinki, i wkłada się je do miernie stężonego wodnika potasowego (najlepiéj na szkiełku zégarkowém), tu zostawia się je przez 24 godzin w spokoju, albo téż przez kilka minut z lekka się je ogrzéwa. Przez to działanie wodnika potasowego pierwoszcze gałeczek zieleni, które utrudniało przystęp jodu, zostaje całkowicie lub w części rozpuszczone, ziarnka zaś skrobi (jeżeli tylko ogrzéwanie nie było za silne, albo roztwór KHO nie za nadto stężony), pozostają bez zmiany. Teraz należy wycinki wymyć dobrze wodą przekroploną, włożyć na chwilę w kwas octowy, wymyć wodą powtórnie, i dopiéro umieściwszy je na szkiełku zégarkowém, działać na nie słabym rozczynem jodu — bądź w wyskoku, bądź, co lepiéj, w glicerynie lub w jodku potasowym. Jeżeli tylko działanie odczynników dobrze było umierzone, wtedy przy tém postępowaniu najmniejsze nawet ślady skrobi w komórkach śródliścia widocznemi się stają. Jeżeli gałeczki zieleni nie zostały przez działanie odczynników całkowicie zniszczone, wtedy widziéć téż można, że ziarnka skrobi nie gdzieindziéj, — ale w nich tylko mają swoje siedlisko.

Nie zaraz po wykryciu obecności skrobi w gałeczkach zieleni, umiano sobie to zjawisko w należyty sposób objaśnić. Mówiono o przeobrażaniu się stopniowém skrobi w zieleń, a nawet Mulder [1]) osnuł

---

[1]) *Versuch einer physiologischen Chemie. Braunschweig.* s. 294 cytuje *Mohl Bot. Zeit.* 1855 s. 113.

dość dziwaczną teoryję dotyczącą sposobu tego przeobrażania.

Gałeczki zieleni według niego składały się z barwnika i wosku, a ten ostatni zawdzięczał swój początek powolnemu odtlenianiu się skrobi. Wydzielanie tlenu przez rośliny, miało być zewnętrznym objawém tego redukcyjnego procesu, który zwolna skrobię przeobrażał w zieleń. Bezzasadność téj teoryi wykazał już w r. 1855 Mohl [1]), udowodniając, że w pewnych przynajmniéj razach, gałeczki zieleni powstają pierwéj, aniżeli skrobia, która się w nich znajduje; ta ostatnia jest w nich dopiéro późniejszym utworem. Gris [2]) w obszernéj swéj pracy nad zielenią, udowodnił, że nie czasem, ale zawsze gałeczki zieleni są utworem pierwotnym, a ziarnka skrobi późniéj w nich dopiéro powstają. Przez to odkrycie utorował on Sachsowi drogę do wykrycia istotnego stósunku, w jakim ziarnka skrobi znajdują się do zawiérających je gałeczek zieleni. Sachs z szeregu pięknych doświadczeń wyprowadził wniosek, że: „treść skrobiowa zieleni, jest w niéj nie tylko zjawiskiem następném, ale nadto że się wytwarza przez przyswajającą czynność zieleni, pod wpływem światła pewnego oznaczonego natężenia i że tu właśnie istota skrobiowa powstaje ze swoich odleglejszych części składowych, a przechodząc następnie w inne części rośliny — pośredniczy przy jéj wzroście, służąc jako materyjał na budowę błon komórkowych.“ [3])

---

[1]) *Bot. Zeit.* 1855 s. 113 — 115.
[2]) *Annales des sciences naturelles* 1857 VII.
[3]) l. c. s. 366.

Doświadczenia z których Sachs wywiódł ten wypadek, polégały na têm, że rośliny, o których przekonał się, iż zawiérały skrobię w gałeczkach zieleni swych liści, umieszczał na parę dni w ciemności, a badając je po upływie tego czasu, przekonywał się, że skrobia z gałeczek znikła. Gdy następnie wystawił rośliny na światło i po pewnym czasie badał je na nowo, przekonywał się zawsze, że skrobia znowu w liściach się znajdowała. Z tego wywnioskował Sachs, że światło jest niezbędnym czynnikiem przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni, a że, (rozumował daléj), światło jest także niezbędnym czynnikiem rozkładu kw. węglowego przez rośliny, nadto, ponieważ tylko części zielone roślin kwas węglowy rozkładać mogą; więc przyjąć należy, — iż skrobia w gałeczkach zieleni powstająca, jest wynikiem rozkładu kwasu węglowego i wody w roślinie. Wypadki doświadczeń Sachsa nad rolą gałeczek zieleni u roślin nasieniowych, stwierdził Famintzin [1]) na wodorostach, używając przytém do doświadczeń — nie światła słonecznego — ale zgęszczonego za pomocą reflektora światła lampy kerazinowéj. Przekonał się, że już po półgodzinném działaniu tego światła na szrubnicę, skrobia dostrzedz się daje we wstęgach zieleni poprzednio zupełnie od niéj wolnych. Kraus [2]) wykazał, że w świetle bezpośredniém skrobia powstaje nie

[1]) *Famintzin Die Wirkung des Kerasin — Lampenlichtes auf Spirogira orthospira. Näg. Abd. a. d. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik.* B. VI. 1867.

[2]) *Kraus Jahrbücher für wissenschaftliche Bot.* B. VII. s. 510 — 531.

równie szybciéj, aniżeli w rozproszoném. I tak: kiedy gałeczki zieleni moczarki *(elodea)* i skrętki *(funaria)* w świetle rozproszoném okazywały dopiéro po 4—6 godzinach pierwsze ślady skrobi, to pod bezpośrednim wpływem promieni słonecznych, w ciągu 1½—2 godzin wytwarzały ilości téj istoty już wyraźnie rozeznać się dające.

Nadto Famintzin [1]) i Kraus [2]) — każdy z osobna — wykazali, że światło żółte nie równie silniéj wywołuje tworzenie się skrobi, aniżeli niebieskie. Pierwszy twierdził nawet, że światło niebieskie działa jak ciemność, ale błąd jego sprostowali Kraus i Prillieux [3]). Pokazało się zatém, że powstawanie skrobi zależy przeważnie od promieni téj saméj łamliwości co i rozkład kwasu węglowego, co było nowém poparciem twierdzenia Sachsa, że skrobię znajdującą się w gałeczkach zieleni za produkt wytworzony przez roślinę z kw. węglowego i wody uważać należy. Kraus, aby to zapatrywanie Sachsa, które w zupełności podzielał, poprzeć jeszcze bardziéj, — starał się wykazać, że w istocie, przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni waga materyi suchéj w roślinie zostaje zwiększoną. W tym celu z młodych o ile możności jednakowych roślinek rzeżuchy, — które tylko co rozwinęły swoje listnie i o których przekonał się, że skrobi nie zawiérają wcale, — uzbiérał 30 par listniów

---

[1]) b. c.
[2]) b. c.
[3]) *Prillieux „Influence de la lumière bleue sur la production de l'amidon dans la chlorophylle.“ Comptes rendus.* 1870 T. 70 s. 521.

i takowe ważył w stanie świéżym i po wysuszeniu. Inne tak samo rozwinięte roślinki wystawiał na kilka lub kilkanaście godzin na światło, a gdy skrobię obficie wytworzyły, zbiérał z nich znów 30 par i ważył jak wyżéj. W ten sposób przekonywał się stale, że te ostatnie roślinki więcéj zawiérały materyi suchéj, niż pierwsze; czyli, że wytworzenie skrobi połączone było z przybytkiem na wadze materyi suchéj. Kraus badał także wpływ ciepłoty na powstawanie skrobi i przekonał się, że przy wyższéj ciepłocie powstawanie skrobi energiczniéj się odbywa, aniżeli przy niższéj. Oznaczył téż minimum ciepłoty, przy któréj jeszcze proces tworzenia się skrobi może miéć miejsce i znalazł je: dla rzerzuchy siewnéj 2,5 — 3° C, dla brzozy białéj 4,3 — 4.9 C, dla moczarki kanadyjskiéj około 5° C, wykazał więc, że w stósunkowo bardzo nizkiéj ciepłocie, tworzenie się skrobi już miejsce miéć może.

Widzimy zatém, że dotychczasowe badania obracały się wyłącznie około udowodnienia, że skrobia w gałeczkach zieleni jest istotnie wypadkiém ich przyswajającéj działalności, — oraz około zbadania wpływu światla i ciepła na powstawanie skrobi.

Sachs wypowiedział jasno, że skrobia w gałeczkach zieleni powstaje jako wynik sprawy przyswajania, w skutek rozkładu kw. węglowego i wody; ale dowodził tego tylko tém, że wykazywał zgodność warunków potrzebnych do wytworzenia się skrobi, z warunkami rozkładu kwasu węglowego. Nikt jednak dotąd nie starał się przekonać, czy rzeczywiście do wytworzenia skrobi potrzeba kwasu węglowego, i o ile mniéjsza lub większa jego ilość w powietrzu roślinę

otaczającém, wpływa na przyśpieszenie lub opóźnienie powstawania skrobi w gałeczkach zieleni.

Tę lukę mają właśnie poniżéj opisane doświadczenia wypełnić.

Inne pytanie, które w pracy niniejszéj także znajdzie rozwiązanie na doświadczeniu oparte, dotyczy znikania skrobi z gałeczek zieleni. Wspomnieliśmy już, iż Sachs wykazał, że, jeżeli roślina zostanie umieszczona w ciemności, wtedy skrobia znajdująca się w jéj gałeczkach zieleni, znika z nich, zostając odprowadzoną do dalszych części rośliny, aby tam dostarczyć materyjału na błony komórkowe przy powstawaniu i wzroście komórek.

Ale pytanie, jak należy to znikanie skrobi w ciemności rozumiéć? Czy rzeczywiście skrobia tylko w nocy z gałeczek zieleni ustępuje, a w dzień się w nich wytwarza? Czy téż przenoszenie się skrobi z liści do dalszych części rośliny, ma miejsce nieustannie, jak w dzień, tak w nocy, a gromadzenie się w nich skrobi dzienną porą, jest tylko skutkiem tego, że w oświetlonych gałeczkach zieleni, skrobia prędzéj powstaje, aniżeli z nich znika? Przy pierwszém rozumieniu rzeczy, skrobia którą wieczorem w liściu znajdujemy, przedstawiałaby całkowitą ilość skrobi wytworzonéj w nim przez przeciąg całego dnia: w drugiém uważaćby ją należało tylko jako różnicę, między tą ilością skrobi, jaka w liściu w ciągu dnia powstała, a tą, jaka w tymże czasie z niego ustąpiła. Krótko mówiąc, chodzi o odpowiedź na pytanie, czy światło odpływ skrobi z gałeczek zieleni wstrzymuje czy nie? Sachs, jak się zdaje był zdania, że w świetle, skrobia z gałeczek zieleni nie znika, skoro mówi: „*die Stär-*

„kebildung im Chlorophyll ist also eine Function des „beleuchteten, die Auflösung der Stärke eine Function „des nicht beleuchteten Chlorophylls.“ [1])

Tak więc praca niniejsza rozłoży się na dwie części:

1. O znikaniu skrobi z gałeczek zieleni.
2. O powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

O znikaniu skrobi z gałeczek zieleni.

Metoda doświadczeń.

Jak wyżéj powiedziałém, chodziło mi przedewszystkiém o odpowiedź na pytanie: czy światło przeszkadza odpływowi skrobi z liści do dalszych części rośliny, czy nie? Plan moich doświadczeń, opiérał się na następującém rozumowaniu. Jeżeli w istocie, jak utrzymuje Sachs, a za nim wszyscy prawie nowsi fizyjologowie, skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą wytworzoną przez też gałeczki z kwasu węglowego i wody, to niezbędnym warunkiem jéj powstawania tutaj, musi być nie tylko światło, ale i przystęp kwasu węglowego, to choćby działanie światła najsilniejszém nawet było, ani śladu skrobi w gałeczkach zieleni wytworzyć się nie powinno. Jeżeli tak jest w istocie. to mamy bardzo łatwy sposób przekonania się, czy odpływ skrobi z liści na światło wystawionych ma miejsce czy nie? bo umieściwszy roślinę któréj gałeczki zieleni zawiérały skrobię w atmosferze po-

---

[1]) *Sachs „Lehrbuch der Botanik“ III. Auflage* 1873. p. 656.

zbawionéj kwasu węglowego, i wystawiwszy ją na światło, postawimy ją w warunkach, w których, mimo działania światła, skrobia znikająca nie będzie mogła być zastąpiona nową. Jeżeli tedy światło odpływu skrobi nie tamuje, to w tych warunkach mimo najsilniejszego oświetlenia, ilość skrobi w gałeczkach zieleni będzie się musiała zmniejszyć.

Wszystkie prawie doświadczenia robiłem na młodych roślinkach, wyhodowanych z nasion w małych wazonikach.

Aby roślinę umieścić w atmosferze kwasu węglowego nie zawiérającéj, wstawiałem wazonik do zwykłéj szklanki do picia i razem z nią umieszczałem go na talérzu, na który nalewałem dość zgęszczonego roztworu wodnika potasowego. Następnie roślinkę nakrywałem dzwonem szklannym, około 5 litrów objętości mającym (fig. 1.), szyjkę tego dzwonu zatykałem korkiem kauczukowym, przez otwór którego przechodziła rurka *a* dwa razy zgięta, połączona z széroką rurką zgiętą w U, napełnioną kawałkami wodnika potasowego i pumexu napojonego roztworem tegoż ciała. W ten sposób, powietrze pod dzwonem zawarte, było w bezpośrednim związku z powietrzém zewnętrznem, ale przystęp kwasu węglowego do rośliny był całkowicie wstrzymany. Aby nie dopuścić wpływu i tych drobnych ilości kwasu węglowego, jakieby z ziemi do rośliny dostać się mogły, używałem z początku zamiast ziemi — piasku wypalonego i napojonego dość stężonym roztworem soli, niezbędnych dla wzrostu rośliny; późniéj atoli przekonałem się, że używając zwyczajnéj ziemi ogrodowéj, też same otrzymujemy wypadki.

Zestawienie i wyniki doświadczeń.

Doświadczenie I. (z roku 1873).

W dwóch wazonikach, napełnionych piaskiem wypalonym i napojonym roztworem soli żywiących, zasiano po kilka nasion rzodkwi. Jeden z wazoników *a* postawiono swobodnie na oknie, — drugi *b* na tém samém oknie, ale pod dzwonem, w atmosferze nie zawiérającéj kwasu węglowego.

Dnia 22 Maja, gdy listnie się rozwinęły, wzięto próbki z obu wazoników i przekonano się, że w komórkach śródliścia, tak roślinek *a*, jak i *b*, skrobia dość obficie się znajdowała. To zdawało się na pozór przeczyć zdaniu o niezbędności kwasu węglowego do wytworzenia skrobi; jednakowoż zastanowiwszy się nad tém bliżéj, inaczéj sądzić musimy.

Z doświadczeń Sachsa [1]), Petersa [2]) i innych wiadomo, że przy kiełkowaniu nasion tłuszczowych, tłuszcz przechodzi przedewszystkiém w skrobię, i ta dopiéro zostaje następnie do budowy błon komórkowych zużyta. Skrobia więc, która się tu w listniach znajdowała, nie była wytworzona przez gałeczki zieleni, ale powstała z przeobrażenia się tłuszczu nagromadzonego w nasionach. Ta przemiana, od kwasu

---

[1]) *Sachs. Ueber die Stoffe welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern. Jahrb. f. wiss. Bot. B. III.* 1863.

[2]) *Peters. Zur Keimungsgeschichte des Kürbissamens in „Die Landwirtschaftlichen Versuchstationen.“ H. 7. p. 1. 1861.* Cytuje *Sachs Experimental. Physiologie* s. 364.

węglowego w powietrzu zawartego jest oczywiście zupełnie niezależną; nic więc dziwnego, że w pierwszych dniach po rozwinięciu się listniów, i te roślinki, które znajdowały się w atmosferze nie zawiérającéj kwasu węglowego, także skrobię zawiérały. Aby więc odpowiedziéć na pytanie, czy kwas węglowy jest potrzebnym do tego, aby skrobia w gałeczkach zieleni powstać mogła? należało doświadczenie przedłużyć do czasu, w którym wszystek tłuszcz listniów i skrobia z niego powstała, zostałyby przy wzroście listniów zużytemi.

Gdybyśmy potém jeszcze skrobię, w listniach roślinek rosnących w atmosferze pozbawionéj kwasu węglowego znajdowali, to już w istocie o prawdziwości teoryi Sachsa zwątpićby należało.

Dla tego d. 26 Maja, wzięto nowe próbki listniów *a* i *b* i badano je na skrobię.

a komórki śródliścia przepełnione skrobią, *b* w komórkach śródliścia zaledwo ślady skrobi.

Dnia 27 wieczór: *a* jeszcze więcéj skrobi niż dnia poprzedniego, *b* ani śladu skrobi.

Wątpliwość zatém została rozwiązaną, bo pomimo, że roślinki *b* tak samo były wystawione na światło jak *a*, z pierwszych skrobia całkowicie zniknęła, gdy tymczasem w drugich obficie w komórkach śródliścia się znajdowała. Oczywiście, że skrobia z listniów roślinek *a*, musiała być zużytą, przy wzroście, tak samo jak w roślinkach *b*; różnica więc dostrzeżona mogła pochodzić tylko ztąd, że w roślinkach *a* skrobia zużyta zastąpioną została — tąż nowo wytworzoną; — w roślinkach *b*, z powodu braku kwasu węglowego, skrobia w listniach powstawać nie mogła. A

zatém doświadczenie to przekonywa nas, że: aby skrobia w gałeczkach zieleni powstać mogła, przystęp kwasu węglowego do rośliny jest bezwarunkowo niezbędnym. Wynik ten jest prawie niezbitym dowodem prawdziwości zapatrywania się Sachsa na skrobię w gałeczkach zieleni, jako na wypadek przyswajającéj czynności tychże gałeczek.

Zdobywszy ten pierwszy fakt doświadczalny, można było teraz przystąpić do odpowiedzi na pytanie, czy odpływ skrobi z gałeczek zieleni wyłącznie w nocy, czy téż i w dzień ma miejsce? W tym celu, w dalszym ciągu doświadczenia przestawiono wazoniki, wazonik *a* z zewnątrz wstawiono pod dzwon, a wazonik *b* z pod dzwonu wystawiono na zewnątrz.

Dnia 28 Maja o godz. 3½ rano wzięto próbki listniów z każdego wazonika.

Listnie z wazonika *a* pod dzwonem zawiérały bardzo obficie skrobię, listnie z *b* ani śladu téjże nie zawiérały.

O godzinie 9½ rano:

a skrobi bardzo znacznie ubyło, *b* skrobia już obficie się wytworzyła.

Godzina 3½ po południu:

a skrobia we większéj ilości, tylko w szparkach i około pączków cewkowych, a w miąższu śródliścia tylko ślady, *b* listnie przepełnione skrobią, tak, że przy działaniu jodu, wycinki z nich prawie czarne.

Tak więc w ciągu 12 godzin dziennych, listnie roślinek na wolném powietrzu będących przepełniły się skrobią, chociaż jéj poprzednio wcale nie zawiérały; listnie zaś roślinek, do których kwas węglowy nie miał przystępu, jakkolwiek poprzednio bardzo obficie

skrobię zawiérały, w ciągu tych 12 godzin całkowicie się z niéj wypróżniły, — pomimo, że tak samo jak i poprzednie, przez cały ten czas na wpływ światła były wystawione. A zatém *światło nie zatrzymuje znikania skrobi z liści; odpływ ten ma miéjsce nie tylko w nocy ale i w dzień, a gromadzenie się skrobi w liściach wystawionych na światło, dla tego tylko możemy spostrzegać, że powstawanie jéj w gałeczkach zieleni, przeważa nad znikaniem.* Nie spostrzegamy zatém całéj ilości skrobi, ale tylko ten nadmiar, który jeszcze nie miał czasu przenieść się do dalszych części rośliny. Kraus wykazał, że skrobia tém szybciéj w gałeczkach zieleni powstaje, im natężenie światła jest silniejsze, a zatém, przy słabém natężeniu światła może się zdarzyć, że powstawanie i niknięcie skrobi wzajemnie się równoważą, tak, iż pomimo że sprawa przyswajania jeszcze nie ustanie, powstawania skrobi w gałeczkach zieleni już dostrzegać nie można, przeto, w dalszym ciągu, *to że przy pewném natężeniu światła skrobia nie gromadzi się w gałeczkach zieleni, nie jest jeszcze dowodem, aby powstawanie jéj, przy świetle tego natężenia, wcale nie miało miejsca; ale jest raczéj wskazówką, że wytwarzanie się skrobi w liściach nie odbywa się szybciéj, aniżeli jéj odpływ do dalszych części rośliny.*

Wszelako należało jeszcze zbadać, czy odpływ skrobi w świetle, gdy roślina kwasu węglowego jest pozbawioną, nie jest jakim patologicznym objawem, — i czy gałeczki zieleni zachowują przytém nadal swoją przyswajającą zdolność, a tylko dla braku surowego

materyjału czynności swojéj odbywać nie mogą? W tym celu wazonik *a*, który stał cały dzień pod wpływem światła, w atmosferze pozbawionéj kw. węglowego, wstawiono na całą noc do ciemności, a następnego dnia o godzinie 7 rano wystawiono na słońce. O téj porze jak się przekonano, listnie zawiérały skrobię tylko w szparkach, wszystkie zaś komórki śródliścia były od niéj wolne. O godzinie 9, a więc po dwóch godzinach oświetlenia, skrobia znajdowała się już choć w ilości niezbyt wielkiéj we wszystkich komórkach śródliścia. A zatém gałeczki zieleni, zachowały w zupełności swoją przyswajającą zdolność.

Doświadczenie II. (z r. 1873).

Udowodniwszy, że światło nie tamuje odpływu skrobi z liści do dalszych części rośliny, należało jeszcze zbadać, czy go jednak nie opóźnia, lub téż nie przyśpiesza? tj. czy w ogóle światło nie ma jakiego wpływu na znikanie skrobi z gałeczek zieleni? W tym celu, należało porównać szybkości z jakiemi skrobia znika z liści wystawionych na światło, i z liści umieszczonych w ciemności. Dnia 1 Czerwca, zasiano rzodkiew w kilku wazonikach. Kiełkowanie i wzrost jéj, odbywały się bardzo powoli z powodu słotnego czasu i nizkiéj ciepłoty, rzadko przechodzącéj 15° C. Dnia 13 Czerwca listnie były całkowicie wykształcone i wyrośnięte, ale w gałeczkach zieleni znajdowało się nader mało skrobi. Dnia 14 Czerwca, dwa wazoniki *a* i *b* od samego rana wystawione były na światło przez cały dzień, przy niebie pogodném i zostawione tak, aż do godziny 7éj dnia następnego. O téj godzinie, wzięto próbki listniów z każdego wazonika.

W obu listniach skrobia znajdowała się we wszystkich komórkach, i to w dość znacznéj ilości; — w obu prawie równo, a może w *b* cokolwiek obficiéj.

Oba wazoniki umieszczono w atmosferze pozbawionéj kwasu węglowego, — przy tém *a* wystawiono na światło, a *b* wstawiono do ciemności. Do godziny 1éj po południu ciepłota w świetle była przecięciowo 23° C, w ciemności 19° C.

Godzina 1 po południu: wzięto po trzy próbki listniów z roślinek każdego wazonika i nieznaleziono w *a* ani śladu skrobi w żadnym z trzech listniów, a w *b* — w jednym z listniów, tylko małe ilostki skrobi w pobliżu brzegów pojawiały się; w dwóch drugich zaś, jeszcze niemal we wszystkich komórkach.

Godzina 9 wieczór: *b* jeszcze prawie wszędzie drobne ilości skrobi.

Dnia 16 Czerwca rano: *b* nigdzie ani śladu skrobi.

Teraz znów, oba wazoniki wystawiono przez cały dzień na wpływ światła na wolném powietrzu. Dzień był jasny i ciepły, choć się słońce często za chmury chowało.

Godzina 9 wieczór: wszystkie listnie tak skrobią przepełnione, że wycinki ich przy działaniu jodu barwią się prawie czarno: *b* zostawiono na oknie, wstawiwszy w atmosferę pozbawioną kwasu węglowego, *a* umieszczono w takiéj saméj atmosferze, ale w ciemności.

Dnia 17 godzina 4 rano (Ciepł. w świetle 16,2° C, w ciemności 19,4° C).

W listniach roślinek obu wazoników ilość skrobi znacznie się zmiejszyła, mimo to w jednym i drugim wszystkie komórki listniów obficie ją zawierają.

Godzina 10 rano: (Ciepł. w świetle 30° w ciemności 21,4). *b* skrobi nigdzie, nawet w szparkach niema najmniejszego śladu. *a* w jednym listniu skrobia znikła całkowicie, w drugim zostały jéj tylko gdzie niegdzie ślady, w trzecim skrobia znajduje się niemal we wszystkich komórkach miękiszu gębczastego, lecz w większéj ilości w pobliżu pączków naczyniowych; w miękiszu zaś palisadowym, tylko w komórkach leżących po nad pączkami naczyniowemi.

Doświadczenie III. (z r. 1874).

Dnia 9 Czerwca o godzinie 5 min. 30 rano, wzięto próbki listniów z roślinek, które dotąd rosły na oknie południowo wschodniém, w dwóch wazonikach *a* i *b*. Te listnie badane na skrobię, okazały: *a* skrobia w tkance gębczastéj dość obficie, w palisadowéj bardzo skąpo; *b* ilość i rozłożenie skrobi, jak w *a*. *a* umieszczono w atmosferze pozbawionéj kwasu węglowego i zostawiono w świetle, — *b* zaś wstawiono do ciemności.

Godzina $12^1/_2$ w południe: *a* ani śladu skrobi, *b* małe ilości skrobi w pobliżu pączków naczyniowych.

Godzina 7 wieczór: *b* ani śladu skrobi.

Wyniki tych dwóch doświadczeń zgodnie okazują, że w świetle odpływ skrobi z liści co najmniéj z taką samą odbywa się szybkością, jak i w ciemności; a nawet w świetle, znikanie skrobi bywa szybsze aniżeli w ciemności, co jednak zdaniem mojém, przypisać należy nie wpływowi światła, ale wyższéj ciepłocie, — bo już z kądinąd (doświadczenia Sachsa) wiadomo, że odpływ skrobi przy wyższéj ciepłocie prędzéj się odbywa aniżeli przy niższéj.

. Co się tyczé szybkości znikania skrobi, to doświadczenia te (przynajmniéj u rzodkwi) pokazują, że nawet przy największém nagromadzeniu skrobi w listniach, 24 godzin wystarcza, ażeby cały jéj zapas z nich całkowicie zniknął.

Ten wypadek zawsze znajdowałem stwierdzony, ile razy przy doświadczeniach nad powstawaniem skrobi umieszczałem rośliny w ciemności, aby ich gałeczki zieleni, pozbawić skrobi. Jeżeli ciepłota wynosiła przynajmniéj około 20° C, 24 godzin zawsze wystarczało, do zupełnego uwolnienia gałeczek zieleni od zawartéj w nich skrobi.

Doświadczenie IV. (z Czerwca 1874).

Miało ono na celu odpowiedź na pytanie czy można liście na gałązkach odciętych od rośliny pozbawić skrobi. W doświadczeniu tém chciałem się zatém przekonać, czy skrobia może przejść z liści do gałązki nawet i wtedy, gdy ta ostatnia pozbawioną jest związku z resztą rośliny — a więc z korzeniami. Doświadczenie, robiłem najprzód na wiérzbie białéj. Przy tém przewidywałem z góry, że w tych warunkach doświadczenie kilka dni potrwać musi. Że zaś umieszczenie rośliny na tak długi czas w ciemności, musiałoby pociągnąć za sobą dezorganizacyją zieleni, postanowiłem robić je w rozproszoném świetle.

Uciąwszy z wiérzby kilka gałązek około 20 centim. długich, z liśćmi zdrowemi, wetknąłem je do wązkiego słoika z wodą i postawiłem z nim razem na talérzu. Następnie nakryłem słoik dzwonem i nalałem na talérz roztworu wodnika potasowego, jak w poprzednich doświadczeniach, aby przystęp kw. węglowego

do rośliny całkowicie wstrzymać. Cały przyrząd umieściłem na stole, stojącym na przeciwko, lecz opodal od okna Próbki wzięte z liści przed zaczęciem doświadczenia okazały, że wszystkie komórki były skrobią przepełnione.

Po dwóch dniach, jeszcze liście dość znaczne ilości skrobi zawiérały.

Po pięciu dniach, już nawet ani śladu skrobi w miąższu liściowym nie było, i tylko szparki zawiérały ją jeszcze.

Widzimy zatém, że i w tych warunkach znikanie skrobi z gałeczek zieleni dokonywa się, tylko, jak się zdaje, nieco wolniéj niż wtedy, gdy liście z całą rośliną pozostają w związku.

Doświadczenie V. (z r. 1874).

Celem jego było sprawdzenie wypadku poprzedniego na innéj roślince i wykazanie, o ile pozbawienie rośliny związku z jéj korzeniem wpływa na zwolnienie ubywania skrobi z liści.

Dnia 10 Lipca o godz. 8 wieczór ścięto łodygę tatarki *a*, około 20 centim. wysoką, 4 cent. po nad ziemią [1]), i jak w poprzedniém doświadczeniu wetknięto ją w naczynie z wodą i umieszczono w atmosferze kw. węglowego. Równocześnie wazonik z drugą rośliną *b*, tego samego wieku, wstawiono do ciemności. Próbki z dwóch liści rośliny *a* i trzech rośli-

---

[1]) Cięcie wykonane zostało pod wodą ażeby uniknąć więdnięcia patrz: *Hugo de Vries Ueber das Welken abgeschittener Sprossen. Arbeiten des bot Jnst. zu Würtzburg.* Zeszyt III.

ny *b* okazały, że śródliście wszystkich tych liści było przepełnione skrobią.

Dnia 11 Lipca, godzina 8 rano: *a*, z jednego liścia, skrobia znikła już całkowicie, w drugim znajduje się jeszcze obficie w tkance gębczastéj; a w palisadowéj już jéj nie ma prawie nic. *b*, nigdzie ani śladu skrobi.

Godzina 8 wieczór:

a, skrobia także już wszędzie znikła całkowicie.

I to zatém doświadczenie pokazuje, że oddzielenie rośliny od korzenia, nie niszczy bynajmniéj przenoszenia skrobi z liści do łodygi; ale tylko cokolwiek je zwalnia.

Wyniki powyższych doświadczeń, dadzą się streścić w następujących ustępach:

1. Kwas węglowy, jest niezbędnym czynnikiem przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

2. Skrobia z gałeczek zieleni przenosi się do dalszych części rośliny nietylko w nocy, ale i w dzień, a nawet znikanie jéj w roślinie na słońce wystawionéj z powodu podwyższonéj ciepłoty, odbywa się prędzéj aniżeli w ciemności.

3. Z tego, że w pewnych warunkach nie znajdujemy skrobi w gałeczkach zieleni, nie wynika jeszcze, żeby przy tych warunkach skrobia w nich nie powstawała.

4. Skrobia przenosi się z liści do łodygi, nawet wtedy, gdy ta ostatnia będzie odcięta od korzenia i wstawiona do wody, — a nawet i wtedy, gdy nie całą łodygę, ale tylko jéj gałązkę odetniemy i do wody wstawimy.

Jeżeli te wypadki już same w sobie są zajmujące i ważne, to daleko ważniejszém jest jeszcze to, że przez umieszczenie rośliny w atmosferze kw. wę-

glowego pozbawionéj, mamy środek przeszkodzenia sprawie przyswajania w roślinie wystawionéj nawet na działanie bezpośrednich promieni słonecznych. Zyskujemy przez to nową metodę robienia doświadczeń. któréj przy badaniu wpływu światła na życie rośliny nie raz będziemy mogli otrzymać cenne wypadki, albowiem wpływ światła na roślinę jest bardzo różnorodny, a światło wpływa na rozmaite czynności fizyjologiczne, nie tylko na samo przyswojenie. Ale we wielu razach możemy miéć wątpliwości, jak sobie ten wpływ światła tłómaczyć należy: czy uważać go za bezpośredni? czy téż przyjmować, że światło oddziaływa tylko pośrednio, pobudzając sprawę przyswajania, która ze swéj strony oddziaływa na inne fizyjologiczne czynności? Otóż, przez umieszczanie rośliny w atmosferze kwasu węglowego nie zawiérającéj i wystawianie jéj na światło, możemy zawsze te wątpliwości rozwiązać i przekonać się, czy dana sprawa lub czynność bezpośrednio od wpływu światła, czy téż tylko od sprawy przyswajania zależy? Tak np. za pomocą téj metody spodziéwam się w dalszych moich doświadczeniach, dać pewne wyjaśnienia w przedmiocie wyciekania roślin w ciemności.

Doświadczenia w tym kierunku już rozpocząłem, a nawet osiągnąłem z nich już pewne wypadki. I tak: mogę już stanowczo zaprzeczyć zdaniu Krausa, jakoby wyciekanie łodyg pochodziło ztąd, że komórki ich kory nie moga w ciemności przyswajać kwasu węglowego, a przez to ścianki tych komórek nie grubieją i bardziéj ulégają wyciągającemu działaniu rdzenia. Również twierdzić mogę na pewno, że niewyrastanie listniów w ciemności, nie ma nic wspólnego ze spra-

wą przyswajania. Nadto zdaje się być rzeczą bardzo prawdopodobną, że, jak to twierdzi Kraus, aby liście *(Laubblätter)* rozrosły się prawidłowo, potrzebują przyswajać koniecznie. Badania jednak moje nad kwestyją wyciekania są dopiéro rozpoczęte, i dla tego ogłoszenie już wykonanych doświadczeń zachowuję sobie do czasu ich ukończenia.

CZĘŚĆ II.

O powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

Ponieważ wpływ światła i ciepłoty, jak we wstępie historycznym widzieliśmy, już dawniéj zbadanym został, więc sobie postanowiłem zbadać wpływ, jaki na szybkość powstawania skrobi w gałeczkach zieleni wywiéra, ilość kw. węglowego, znajdującego się w powietrzu otaczającém roślinę. Dotąd, nie tylko nikt w téj sprawie żadnych doświadczeń nie robił, ale nawet nikt jeszcze nie wniósł podobnego pytania. Mnie pytanie to, nastręczyły wyniki méj pracy nad wpływem ilości kw. węglowego w powietrzu na jego rozkład przez liście roślin [1]). Wyniki te, streściłem w 5 następujących punktach [2]).

1. Wzbogacenie powietrza w kw. węglowy do pewnéj granicy *(optimum)* przyśpiesza sprawę przyswajania, a powyżéj téj granicy oddziaływa na nią szkodliwie.

---

[1]) *Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalte der Luft. Arbeiten des bot. Instituts in Würtzburg* s. 343 — 379.

[2]) l. c. s. 369.

2. Wysokość tego optimum, jest różną dla różnych roślin. W dnie jasne wynosi ono dla manny wspaniałéj *(Glyceria spectabilis)* 9—10%, dla przypałki szérokolistnéj *(typha latifolia)* 5—7%; a dla płochowia *(Nerium Oleander)* prawdopodobnie jeszczo mniejszéj domieszki kw. węglowego potrzeba.

3. Przybytek kw. węglowego w powietrzu powyżéj optimum, nie tyle szkodzi rozkładowi kw. węglowego, ile go przyśpiésza takiż przybytek poniżéj optimum.

4. Mierny przybytek kw. węglowego w powietrzu, tém korzystniéj na rozkład tegoż kwasu oddziaływa, im natężenie światła jest silniejsze; zbyt zaś wielka jego domieszka do powietrza działa tém szkodliwiéj, im natężenie światła jest słabsze.

5. Z punktu czwartego wynika, że wpływ natężenia światła na rozkład kw. węglowego jest tém większy, im powietrze otaczające roślinę większą ilość tegoż kw. zawiéra. Jeżeli te wypadki są ogólne i prawdziwe, i jeżeli w istocie skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą z rozkładu kw. węglowego powstającą, — to ilość tego gazu znajdująca się w powietrzu roślinę otaczającém, musi wpływać na wytwarzanie się skrobi w gałeczkach zieleni; zupełnie tak samo, jak i na rozkład kw. węglowego przez liście roślin. Tutaj rozkład kw. węglowego i powstawanie skrobi w liściach, są tylko dwoma objawami jednéj i téj saméj sprawy przyswajania; wszystko więc, co oddziaływa na jeden z tych objawów, musi tak samo oddziaływać i na drugi. Niniejsza zatém moja praca, jest prostém następstwém mojéj pracy dawniéjszéj, poniekąd jéj powtórzeniem dokonaném odmienną metodą, — a wypad-

ki jéj nieledwie z góry przewidzieć się dają. Niemniéj jednak. praca ta nie jest zbyteczną; bo w naukach przyrodniczych. a zwłaszcza biologicznych na poparcie pewnych wniosków wyprowadzonych z doświadczeń. nigdy za wiele dowodów być nie może; nic zaś nie daje nam tak pewnych rękojmi prawdy, jak kiedy do tych samych wyników, dwoma odmiennemi dochodzimy drogami. Dla tego wydało mi się rzeczą pożądaną, wpływ kw. węglowego na wytwarzanie się skrobi w gałeczkach zieleni zbadać doświadczalnie.

Metoda doświadczeń.

Przy badaniu powstawania skrobi najpierwszą jest rzeczą, miéć do użycia takie rośliny, w których gałeczki zieleni byłyby w zupełności wolne od wszelkiéj treści skrobiowéj. W tym celu trzech sposobów używać można. pierwszy z nich był podany przez Sachsa, drugi przez Krausa, trzeci zaś jest wypadkiem doświadczeń w pierwszéj części téj pracy opisanych.

Sachs wykazał, że istota skrobiowa z gałeczek zieleni znika, gdy roślina usuniętą będzie z pod wpływu światła. Długość czasu, potrzebna do tego, aby gałeczki zieleni zupełnie od skrobi się uwolniły, jest zależną od dwóch okoliczności: 1. od ilości skrobi jaka poprzednio zawarta w nich była, 2. od ciepłoty. Jako zasadę przyjąć należy, żeby rośliny dłużéj jak 24 godzin w ciemności nie trzymać; bo inaczéj. gałeczki zieleni same zaczynają się dezorganizować. Nawet i wtedy, gdy po dłuższém zostawaniu rośliny w ciemności, mikroskop jeszcze żadnych śladów dezorganizacyi gałeczek zieleni nie pokazuje, zdolność ich

wytwarzania w świetle skrobi — słabnie, lub nawet na czas jakiś w zupełności ustaje i dopiéro po dłuższém przebywaniu rośliny pod wpływém światła, gałeczki te znów skrobię wytwarzać zaczynają. Nie jednokrotnie się przekonałem, że w tych warunkach, w których gałeczki zieleni roślin, które tylko 25 godzin lub mniéj przebyły w ciemności, już w ciągu ½ godziny znaczne ilości skrobi wytwarzały, nawet jeszcze i po dwóch godzinach skrobia nie powstawała, jeźli rośliny poprzednio 2 lub 3 doby znajdowały się w ciemności. Dlatego, używając ciemności do pozbawienia gałeczek zieleni istoty skrobiowéj, baczyć należy, żeby rośliny nie były za długo światła pozbawione, bo inaczéj nie będą one przydatne do robienia doświadczeń. Z tego powodu w ten sposób robiący doświadczenia, bardzo jest zależny od pogody; bo wstawiając rośliny do ciemności, nie może być pewnym czy za 24 godzin czas będzie sprzyjał jego doświadczeniom; jeżeli więc pogoda nie dopisze, musi napowrót wystawić rośliny na wpływ światła, żeby ich zieleń od dezorganizacyi uchronić.

Sposób podany przez Krausa [1]) poléga na tém, że roślinki hoduje się z nasion w świetle bardzo słabém, — dostateczném jednak do tego, aby gałeczki zieleni wykształciły się prawidłowo, — ale niedostateczném, żeby skrobia w nich gromadzić się mogła.

Wreszcie trzeci sposób wynika z powyżéj opisanych doświadczeń moich nad znikaniem skrobi, i poléga na umieszczeniu rośliny w atmosferze kw. węglowego pozbawionéj, nie usuwając jéj wcale z pod

---

[1]) *Jahrb. für Wissenschaftliche Bot.* B VII. s. 513.

wpływu światła. Sposób ten o tyle jest lepszy od piérwszego, że nie ma niebezpieczeństwa, żeby gałeczki zieleni ucierpiały z powodu braku światła; nad drugim zaś sposobem ma tę wyższość, że przy nim jedna roślina kilka razy do doświadczenia użytą być może, — bo skrobia, która się wytworzyła, znów może być z gałeczek zieleni usuniętą. Jedyną jego niedogodnością jest to, że trzeba zestawić tyle aparatów ile jest wazoników, albo téż miéć jeden tak wielki, żeby kilka wazoników pod nim umieścić było można. Jedno i drugie wymaga większego zasobu środków niż były moje, i dla tego, sposobu tego czasem tylko używałem, najczęściéj zaś posługiwałem się sposobem Sachsa, jako najprostszym i najtańszym, bo wymaga tylko skrzynki lub szafki wyklejonéj czarnym papiérem, do wstawiania roślin, których liście chcemy skrobi pozbawić.

Rozumié się, że przed zaczęciem każdego doświadczenia, brano próbki z liści, w których powstawanie skrobi dostrzegać chciano, żeby się przekonać, że ich gałeczki zieleni są istotnie wolne od wszelkich śladów istoty skrobiowéj; a jeżeli kiedy znaleziono w tych próbkach choćby najmniejszy ślad skrobi, doświadczenie uważano za niebyłe. Do wykrywania skrobi używano zawsze sposobu we wstępie opisanego, polégającego na napuszczaniu wycinków odbarwionego liścia, najprzód wodnikiem potasowym, następnie wodą, kw. octowym, znów wodą, a dopiéro jodem. Gdy mowa o barwie wycinka, rozumiéć należy barwę, jaką tenże po tém przygotowaniu od jodu przybiéra. Z małemi wyjątkami, wszystkie doświadczenia robiono z młodemi roślinkami, wyhodowanemi z nasion, w małych

doniczkach. Do największéj ich liczby, brano listnie młodéj rzodkwi *(raphanus sativus)*, a do niektórych nawet same liście. Oprócz rzodkwi, używano do doświadczeń także tatarki i wiérzby. Tam gdzie przy podaném doświadczeniu, nie ma wymienionéj rośliny doń użytéj, należy rozumiéć, że doświadczenie robiono na rzodkwi. Gdy już miano gotowe wazoniki z roślinkami, których listnie wcale nie zawiérały skrobi, należało umieścić każdy z nich w atmosferze inną ilość kw. węglowego zawiérającéj i wystawić na światło. Jeden z wazoników stał wolno przy otwartém oknie, tak, że atmosfera jego była taką, w jakiéj normalnie rosną rośliny, zawiérała więc około $\frac{1}{20}$% kw. węglowego; inne wstawiono pod dzwon, w atmosferze będącéj mięszaniną powietrza z kw. węglowym. Przytém postępowano w sposób następujący: doniczkę z roślinkami wstawiano w zwyczajną szklankę do picia i z nią razem stawiano na talérzu. Wszystko razem przykrywano takim samym dzwonem jak przy poprzednich doświadczeniach. Dzwon zatkany był korkiem kauczukowym, przez który przechodzila mała rurka szklanna *a*, pod kątem prostym zgięta (fig. 2); na końcu téj rurki nałożona była mała rurka kauczukowa, która za pomocą pręcika szklannego albo ściskacza mogła być szczelnie zamkniętą. Po przykryciu wazonika tym dzwonem, wléwano na talérz wodę, a jednocześnie wyciągano ustami przez rurkę *a* powietrze z pod dzwona, ażeby wodę w nim podnieść do pewnéj wysokości. Potém wpuszczano przez rurkę *a* kwas węglowy wywiązujący się z marmuru i kwasu solnego we flaszce *D*. a opłókujący się w roztworze węglanu sodowego, we flaszeczce *C* zawartym. Gdy już

żądana ilość tego gazu weszła pod dzwon, zamykano rurkę *a* pałeczką szklanną albo ściskaczem, i przyrząd wystawiano na światło. Ale należało jeszcze umiéć ocenić choć w przybliżeniu ilość kw. węglowego wpuszczonego pod dzwon. O liczby dokładne chodzić tu nie mogło, bo gdzie wypadków doświadczeń nie można w liczbach podać, tam téż nie może chodzić o matematyczną ścisłość w określeniu warunków, w których były robione. Otóż przybliżoną ilość kw. węglowego do powietrza wpuszczonego, wskazywała podziałka na papiérze wzdłuż dzwonu przyklejona, każdy przedział między dwoma kréskami téj podziałki oznaczał $\frac{1}{100}$ objętości dzwonu. Urządzenie podziałki było dość mozolne, z powodu, że przy niém należało uwzględnić objętość powietrza wypchniętego przez szklankę i wazonik z rośliną; a więc u dołu odstępy między podziałkami musiały być znacznie większe niż wyżéj, w miejscu, do którego już wazonik nie sięgał. Ponieważ podziałka raz zrobiona musiała służyć do wszystkich doświadczeń, dla tego należało dobiérać wazoników o ile możności jednego rozmiaru, bo inaczéj do każdego wazonika oddzielną przyszłoby sporządzać podziałkę. Szklanki w które wazoniki wstawiano, były wszystkie jednakowe.

Jeżeli teraz podniesiono wodę tak, żeby jéj powierzchnia w dzwonie dosięgała podziałki 10, a następnie wpuszczano kw. węglowy, dopóki powierzchnia wody nie zeszła do 0, przyjmowano, że powietrze, w którém umieszczona była roślina, zawiérało 10% kwasu węglowego.

Zestawienie doświadczeń.

Doświadczenie I. (25 Czerwca 1873 roku).

O godzinie 12 w południe wystawiono dwa wazoniki z młodemi roślinkami rzodkwi, *a* na wolném powietrzu, *b* zaś w powietrzu zawiérającém 8% kw. węglowego. Doświadczenie trwało 20 minut, w czasie których słońce świéciło bez przerwy; ciepłota była 27° C.

Po upływie 20 minut okazało się, że:

W listniach wazonika *a*, zaledwo przy powiększeniu 600 razy wątpliwe ślady skrobi dostrzedz było można, wycinki od jodu przybiérały dla gołego oka barwę blado żółtą. Listnie zaś wazonika *b*, dały wycinki dla gołego oka fioletowe, a w każdéj komórce zieleni po kilkadziesiąt ziarnek skrobi, tak, że nie było gałeczki zieleni któraby ich nie zawiérała; niektóre z gałeczek, zawiérały nawet po kilka ziarnek skrobi.

Doświadczenie II. (26 Czerwca).

a, na wolném powietrzu, *b*, w powietrzu zawiérającém 8% kwasu węglowego.

Początek doświadczenia o godzinie 3 z południa. Do godz. 4 słońce często zachodzi za chmury, ale się téż często pokazuje, od 4 zaś już ciągle jest chmurami zasłonięte.

O godz. 3 min. 30:

a, ani śladu skrobi. *b*. skrobia rozsiana we wszystkich komórkach, ale ziarnka jéj nadzwyczaj drobne, dopiéro przy powiększeniu 300 razy wyraźnie widzialne; wycinki dla gołego oka blado fioletowe.

Godzina 4.

a, ślady skrobi tylko przy brzegach listniów.

Godzina 5.

a, drobniuchne ziarnka skrobi już spostrzegać się dają we wszystkich komórkach, ale jeszcze mniéj obficie niż w *b* o godz. $3\frac{1}{2}$; wycinki mają bardzo słaby brudnawy odcień.

Doświadczenie III. (27 Czerw. godz. 2 min. 40 [1]).

a i *b*, jak wyżéj.

Czas pochmurny choć dość jasny, światło tylko rozproszone, ciepłota 17° C.

Po $1\frac{1}{2}$ godz. wystawieniu na światło:

a, skrobia tylko po brzegach listniów. *b*, skrobia we wszystkich komórkach: wycinki blado fioletowe.

Po $3\frac{1}{2}$ godz. oświetleniu:

a, skrobia mniéj więcéj w takiéj ilości, jak w *b* po półtoragodzinném oświetleniu.

Doświadczenie IV. (29 Czerw. godz. 3 m. 5 p.)

a i *b*, jak wyżéj. Przez pierwszy kwadrans słońce świeci bez przerwy, późniéj czasami, ale tylko na chwilę zachodzi za chmury; ciepłota 25—29° C.

Po upływie 15 minut:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach, jak się zdaje nawet w kazdéj gałeczce zieleni; wycinki blado fioletowe.

Po upływie $\frac{1}{2}$ godziny:

a, wątpliwe ślady skrobi.

---

[1]) Godzina podana przy dacie, oznacza czas rozpoczęcia doświadczenia.

Po całéj godzinie:

a, skrobia już we wszystkich komórkach, ale jeszcze w daleko mniejszéj ilości, niż w *b* po 15 min. oświetlenia.

Doświadczenie V. (30 Czerw. godz. 3 min. 35).

a i *b*, jak wyżéj. Słońce prawie bez przerwy, ciepłota 26° C.

Po 10 minutach:

a i *b*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie VI. (4 Lipca godz. 2).

a i *b*, jak wyżéj, niebo pochmurne, tylko na kilka minut w czasie doświadczenia słońce się pokazało, ciepłota 22° C.

Po godzinie:

a, tylko przy brzegach listniów wątpliwe ślady skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach dość obficie, zwłaszcza w tkance palisadowéj, wycinki blado fioletowe.

Po 2 godzinach:

a, skrobia we wszystkich komórkach, ale jeszcze w nieco mniejszéj ilości, niż w *b* po godzinie.

Doświadczenie VII. (7 Lipca godz. 10 m. 45).

a i *b*, jak wyżéj. Słońce bez przerwy świeciło przez cały ciąg doświadczenia; ciepłota 29—30° C.

Po 15 minutach:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach; wycinki dla gołego oka blado fioletowe.

Przy zamkniętych okiennicach na nowo wazonik

b umieszczono pod dzwonem i wpuszczono doń 8% kw. węglowego. Manipulacyja trwała 5 minut.

Po ½ godziny [1]).

a, ślady skrobi w niektórych komórkach tkanki palisadowéj, mianowicie ku brzegom. *b* skrobia obficie we wszystkich komórkach; wycinki ciemno fioletowe. Nowe wprowadzenie kw. węglowego trwa 5 minut.

Po całéj godzinie:

a, skrobia mniéj więcéj we wszystkich komórkach, wycinki blado fioletowe; ale zdaje się, jakby zabarwienie było słabsze, niż w *b* po 15 minutach oświetlenia. *b*. skrobia we wszystkich komórkach tak obficie, że wycinki nieco grubsze pod mikroskopem nieprzeźroczyste, a dla gołego oka prawie czarne.

Doświadczenie VIII. (15 Lipca godz. 2 m. 30).

a, na wolném powietrzu, *b*, w powietrzu zawierającém 10%, *c*. w powietrzu zawierającém 25% kw. węglowego. Słońce przez ciąg doświadczenia prawie bez przerwy świéciło.

Po ½ godziny:

a, ślady skrobi po brzegach liści. *b*, skrobia obficie we wszystkich komórkach, wycinki mocno fioletowe. *c*, wątpliwe ślady skrobi po brzegach listniów.

Po całéj godzinie:

a, skrobia we wszystkich komórkach; wycinki dość mocno zabarwione.

Doświadczenie IX. (15 Lipca godz. 4 p.)

a, na wolném powietrzu, *b*, w powietrzu zawierającém 6%, *c*, w powietrzu zawierającém 25% kw.

---

[1]) Czas zawsze liczony jest od początku doświadczenia.

węglowego. W ciągu godziny, przez którą trwało doświadczenie, słońce świéciło, lub, co rzadziéj, zachodziło za chmury. Ciepłota 25°—21° C.

Po upływie godziny:

a, skrobia mniéj więcéj we wszystkich komórkach, ale w bardzo małéj ilości. *b*, skrobia we wszystkich komórkach obficie; wycinki mocno fioletowe. *c*, skrobia w małéj ilości i to głównie po brzegach liści, oraz w blizkości pęczków naczyniowych; w komórkach bezpośrednio pod naskórkiem będących, prawie jéj niema.

Doświadczenie X. (16 Lipca g. 3 m. 30).

a, jak wyżéj. *b*, w powietrzu 6%, *c*, w powietrzu 26% kw. węglowego zawiérającém. Słońce świéci prawie bez przerwy, czasem tylko za obłoki się kryje, Ciepł. 25—26° C.

Po 1½ godziny:

a, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, wycinki fioletowe. *b*, komórki przepełnione skrobią, wycinki prawie czarne. *c*, wycinki blado fioletowe, skrobia w znaczniejszéj ilości tylko w pobliżu pęczków naczyniowych, mniéj obficie w tkance gębczastéj, w tkance palisadowéj bardzo mało i to tylko na granicy jéj z tkanką gębczastą; dwie warstwy tkanki palisadowéj bezpośrednio pod przyskórkiem położone, prawie wcale skrobi nie zawiérają.

Doświadczenie XI. (17 Lipca g. 3 p.)

Dwa wazoniki *a* i *b* ustawiono na oknie, które przez całe dwie godziny podczas doświadczenia, było bez przerwy oświetlone bezpośredniemi promieniami słońca. Dwa inne *á* i *b́* stały na innném oknie, do któ-

rego tylko przez ostatnie pół godziny słońce dochodziło. Przez pierwsze półtoréj godziny, roślinki na niém stojące były wystawione tylko na wpływ światła rozproszonego. Ciepłota w słońcu 26° C, w świetle rozproszoném 22° C. *a* i *á* na wolném powietrzu, *b* i *b́* w powietrzu zawiérającém 30% kw. węglowego.

Po upływie 2 godz przeznaczonych na doświadczenie, znaleziono:

a, skrobi obficie we wszystkich komórkach, wycinki dość mocno fioletowe. *b*, skrobia w małéj ilości tylko w pobliżu pęczków naczyniowych i to wyłącznie w tkance gębczastéj; w palisadowéj nie ma jéj ani śladu. *á*, mało co mniéj skrobi niż w *a*. *b́*. nigdzie ani śladu skrobi.

Doświadczenie XII. (18 Lipca g. 11 m. 30 r.)

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawiérającém 8%, *c*, w powietrzu zawierającém 30% kw. węgl. Dzień dość jasny, ale słońce tylko chwilami z po za chmur się pokazuje. Ciepłota 24° — 30° C.

Po upływie ½ godziny:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia obficie we wszystkich komórkach. *c*, ślady skrobi w tkance gębczastéj, w pobliżu pęczków naczyniowych.

Po upływie 1½ godziny:

a, skrobia w małéj ilości, ale we wszystkich komórkach. *b*, skrobia we wszystkich komórkach bardzo obficie. *c*, w jednym z listniów skrobia we wszystkich komórkach, w tkance gębczastéj w pobliżu pęczków naczyniowych obficiéj niż w palisadowéj, w drugim skrobia tylko w tkance gębczastéj i w pobliżu pęczków naczyniowych, a w tkance palisadowéj nie ma jéj wcale.

Doświadczenie XIII. (20 Maja 1874 r. g. 10).

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawiérającém 6%; *c*, 25% kw. węglowego. Słońce czasem się pokazuje i znowu się chowa za chmury. Ciepłota 20° — 16° C.

Po godzinie:

a, ku brzegom listniów, zaledwo dostrzegalne ślady skrobi. *b*, skrobia choć w niewielkiéj ilości we wszystkich komórkach, najwięcéj w dolnych komórkach tkanki palisadowéj. *c*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie XIV. (22 Maja 1874 r. g. 11).

a, jak wyżéj; *b*, w powietrzu 6%; *c*, 15%; *d*, 30% kw. węglowego zawiérającém. Słońce już świéci, już zachodzi za chmury. Ciepłota 22° — 25° C.

Po upływie godziny:

a, ślady skrobi, zaledwo dostrzedz się dające. *b*, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, w tkance gębczastéj obficiéj niż w palisadowéj bezpośrednio pod przyskórkiem leżącéj. *c*, małe ilości skrobi tylko w pobliżu pęczków naczyniowych, a w innych komórkach nie ma jéj prawie wcale. *d*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie XV. (25 Maja 1874 r. g. 4).

a, jak wyżéj; *b*, w powietrzu 6%; *c*, 13% kw. węgl. zawiérającém. Słońce świéci prawie bez przerwy. Ciepłota 20° — 22° C.

Po upływie 2 godz.

a, skrobia rozsiana we wszystkich komórkach, mianowicie w tkance palisadowéj, ale wszędzie w bardzo małéj ilości. *b*, skrobia obficie, zwłaszcza w tkance

palisadowéj, wycinki mocno fioletowe. *c*, skrobia dość obficie, głównie w pobliżu pęczków naczyniowych i w miękiszu gębczastym; warstwa tkanki palisadowéj bezpośrednio pod przyskórkiem prawie od skrobi wolna.

Doświadczenie XVI. (1 Czerw. 1874.).

Polygonum fagopyrum.

Młode roślinki, które już po kilka liści rozwinęły; doświadczenie na liściach — nie na listniach.

a, na wolném powietrzu; *b* i *c*, w powietrzu 6% kw. węgl. zawiérającém; ale *b*, roślina jak zwykle umieszczona pod dzwonem we wazoniku; *c*, jeden liść oderwany od rośliny i umieszczony w rurce szklannéj około 100 cent. sześć. objętości mającéj i zamkniętéj wodą.

Po upływie godziny:

a, małe ilości skrobi rozsiane we wszyśtkich komórkach; wycinki słabo fioletowe.

Po 2½ godzinach:

a, skrobia prawie tak obficie, jak w *b* po 1 godzinie. *b*, komórki przepełnione skrobią. *c*, skrobia bardzo obficie, mało co mniéj, niż w *b*.

Doświadczenie XVII. (21 Czerw. 1874 r. g. 1 m. 35).

Polygonum fagopyrum.

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu 7%; *c*, 20% kw. węgl. zawiérającém. Pochmurno, deszcz. Ciepłota 16° C.

Po upływie godziny i 15 min.:

a, skrobia w niewielkiéj ilości prawie we wszystkich komórkach. *b*, skrobia we wszystkich komórkach

rozrzucona, ale może jeszcze w mniejszéj ilości niż w *a*. — *c*, ani śladu skrobi.

Po upływie $2\frac{1}{2}$ godzin:

a i *b*, rozłożenie skrobi jak po godzinie, tylko jéj więcéj.

Doświadczenie XVIII. (24 Czerw. godz. 11 m. 50).

Raphanus sativus.

a, na wolnêm powietrzu; *b*, w powietrzu zawiérającém 3%; *c*, 6%; *d*, 12%; *e*, 25% kw. węgl. Roślinki nie tylko z listniami, ale i z liśćmi rozwiniętemi; badano jedne i drugie.

Po upływie 25 minut:

a, wycinki bezbarwne; ślady skrobi ku brzegom liści. *b* i *c*, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, szczególniéj w tkance palisadowéj. *d*, skrobia we wszystkich komórkach, ale mniéj niż w *b* i *c*.

Wprowadzono na nowo kwas węglowy pod dzwony. Po upływie następnych 25 minut, a więc po 50 minutach od początku doświadczenia, znaleziono:

a, wycinki słabo szarawe; małe ilości skrobi rozrzucone mniéj więcéj we wszystkich komórkach; w ogonkach koło pęczków nie ma jeszcze skrobi. *b* i *c*, komórki tak listniów jak i liści, przepełnione skrobią i prawie czarne; w ogonkach około pęczków naczyniowych skrobia się znajduje. *d*, skrobia obficie, jednak mniéj, niż w *b* i *c*; w warstwie komórek bezpośrednio pod przyskórkiem leżącéj, bardzo jéj mało. *e*, na granicy między tkanką gębczastą i palisadową, skrobia obficie, ale w warstwach bezpośrednio pod przyskórkiem leżących nie ma jéj ani śladu.

Doświadczenie XIX. (1 Lipca 1874 r. g. 1 m. 30).

Raphanus sativus.

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawiérającém 2%; *c*, 6%; *d*, 16% kw. węgl. Niebo zachmurzone ciemno, dészcz przez cały czas. Ciepłota 20° C.

Po npływie 2 godzin.

a, skrobia we wszystkich komórkach, ale w bardzo małéj ilości. *b* i *c*, jeszcze mniéj skrobi niż w *a*; *d*, wątpliwe ślady skrobi w niektórych komórkach ku brzegom liści położonych.

Doświadczenie XX. (3 Lipca godz. 3 m. 30 p.)

Raphanus sativus.

a, jak wyżéj; *b*, w powietrzu 1%; *c*, 4% kw. węgl. zawiérającém. Roślinki z rozwiniętemi liśćmi i liście, a nie listnie wzięto do doświadczenia. Słońce świéci bez przerwy. Ciepłota 29° C.

Po upływie 45 minut:

a. skrobia rozrzucona we wszystkich komórkach, ale w bardzo małéj ilości, wycinki mają bardzo słaby odcień fioletowy, *b*, skrobia we wszystkich komórkach obficie; wycinki mocno fioletowe. *c*, wszystkie komórki tak skrobią przepełnione, że wycinki prawie czarne.

Doświadczenie XXI. (5 Lipca g. 72.)

Salix alba.

Do doświadczenia tego użyto liści, które w doświadczeniu IV części I téj pracy zostały skrobi pozbawione. Liście zostały umieszczone pojedynczo w rurkach szklannych, już powyżéj (doświadczenie XVI *c*)

wzmiankowanych, w mięszaninie kw. węglowego i powietrza. Aby liść zabezpieczyć od więdnięcia, ogonek każdego z nich tkwił w cienkiéj rurce szklannéj, w jednym końcu zatopionéj i napełnionéj wodą. Rurka ta wsparta była na drucie, do którego umocowaną była za pomocą wązkiéj rurki kauczukowéj. Zestawienie tego przyrządu okazuje fig. 3. Wprowadzenie kw. węgl. odbywa się w ten sposób, że wodę podnosi się w rurce przez wyciąganie z niéj powietrza za pomocą rurki kauczukowéj, a następnie wpuszcza kw. węglowy, który wodę wypycha. Ciepłota 29 — 30° C.

a, liść w rurce zawiérającéj 2%; *b*, 8%; *c* 25% kw. węgl. na 100 części powietrza.

Po półgodzinném wystawieniu liści na działanie bezpośrednich promieni słonecznych, znaleziono;

a, skrobia obficie we wszystkich komórkach. *b*, skrobia jeszcze obficiéj niż w *a*. *c*, skrobia prawie tak obficie jak w *b*.

Doświadczenie XXII. (10 Lipca).

Polygonum fagopyrum.

Liście tatarki wolne od skrobi, umieszczono jak w doświadczeniu poprzedniém, w rurkach zamkniętych wodą: *a*, w powietrzu zawiérającém 8%; *b*, 35% kw. węglowego i wystawionych na działanie promieni słonecznych.

Po upływie jednéj godziny:

a, skrobia obficie we wszystkich komórkach: zdaje się, że w każdéj gałeczce zieleni. *b*. tylko gdzieniegdzie w pobliżu pęczków naczyniowych, zaledwo ślady skrobi dostrzedz się dają.

Wyniki doświadczeń.

Doświadczenia powyżéj zestawione, stwierdzają w zupełności wypadki poprzedniéj mojéj pracy nad wpływem kw. węglowego w powietrzu, na jego rozkład przez liście roślin. Pokazują one, że większa lub mniéjsza ilość kw. węglowego w powietrzu, działa zupełnie tak samo na powstawanie skrobi w gałeczkach zieleni, jak i na rozkład kw. węglowego przez liście roślin.

Z doświadczenia I, II, IV, VII i innych, wnosić na pewno możemy, że w atmosferze zawiérającéj 6% — 8% kw. węglowego skrobia przy silném oświetleniu i ciepłocie dwudziestu kilku do 30° C, przynajmniéj 4 razy prędzéj się wytwarza, aniżeli w zwyczajném powietrzu; kiedy bowiem w téj atmosferze, sztucznie wzbogaconéj w kwas węglowy, już po 15 minutach skrobia we wszystkich gałeczkach zieleni się znajdowała, to w zwyczajném powietrzu miało to miejsce dopiéro po całogodzinném wystawieniu rośliny na światło.

Doświadczenia znowu VIII, IX, X, XI, XII i inne pokazują: że zbyt wielkie ilości kw. węglowego w otaczającéj roślinę atmosferze, oddziaływają szkodliwie na wytwarzanie się w liściach skrobi. W powietrzu zawiérającém 30% kw. węglowego powstawanie skrobi jest nawet daleko powolniejszém aniżeli w zwyczajném powietrzu atmosferyczném. Bardzo zajmującą jeszcze rzeczą jest i to, że ten nadmiar kw. węglowego w powietrzu, nie w jednakowym stopniu wstrzymuje powstawanie skrobi w rozmaitych komórkach i najbardziéj szkodzi komórkom bezpośrednio pod

przyskórkiem leżącym. To jeszcze nie byłoby tak trudném do pojęcia, bo przypuścić można, że te komórki najbardziéj na działanie tego kwasu są wystawione, a mniéj go już przenika do warstw głębiéj położonych. Trudniejszém do zrozumienia jest zjawisko, że komórki tkanki gębczastéj w ogóle, daleko mniéj cierpią, aniżeli komórki tkanki palisadowéj. — najmniéj zaś powstawanie skrobi wstrzymywaném jest przeż zbytek kw. węglowego w komórkach położonych w pobliżu pęczków naczyniowych. Te różnice są tak wielkie, że, kiedy w większéj części komórek tkanki palisadowéj, nawet śladu skrobi się nie wytworzyło, to w komórkach otaczających pęczki naczyniowe skrobia tak obficie się znajdowała, że przy działaniu jodu, można było już gołém okiem rozróżnić, na słabo żółtawym tle, kilka ciemno fioletowych punktów, odpowiadających właśnie pęczkom naczyniowym. W ogóle rozłożenie skrobi w komórkach liścia wystawionego na światło, w atmosferze bardzo w kw. węglowy bogatéj, jest bardzo podobne do tego, jakie zajmuje skrobia w liściu przy znikaniu zeń w ciemności. I tu najprzód skrobia znika z tkanki palisadowéj, począwszy od warstwy bezpośrednio pod przyskórkiem leżącéj coraz niżéj; późniéj z tkanki gębczastéj; a naostatku dopiéro z komórek położonych w pobliżu pęczków naczyniowych, — a i tu pierwéj z komórek po nad pęczkiem położonych, a późniéj dopiéro z komórek leżących pod wiązką.

Zbyt wielkie ilości kw. węglowego w powietrzu, nie dla wszystkich roślin są jednakowo szkodliwe. Kiedy liście rzodkwi (doświadczenie XI, XII) i tatarki (doświadczenie XXII), nawet przy pełném

świetle słoneczném w atmosferze zawiérającej 25—30% kw. węglowego nadzwyczaj słabo skrobię wytwarzają, to liście wierzby (doświadczenie XXI) w atmosferze zawiérającéj 35% tegoż kw. prawie z taką samą siłą wytwarzały skrobię, jak w powietrzu, do którego tylko 8% tego gazu było przymięszanych. W pracy mojéj nad rozkładem kw. węglowego znajdowałem toż samo. Przy silném oświetleniu, 36% kw. węglowego w powietrzu, nie szkodziło działalności liści oleandra, — kiedy tymczasem znacznie osłabiało czynność liści orzypałki. Wytwarzanie się skrobi, (jeżeli działanie światła jest silne), najszybciéj zdaje się odbywać w powietrzu, zawiérającém około 4—8% kw. węglowego. Tak przynajmniéj, doświadczenie XX wykazuje; gdy przy 4%, powstawawanie skrobi daleko szybciéj ma miejsce, niż przy 1%, a natomiast doświadczenia XIV i XV wskazują, że 15% a nawét 13% kw. węglowego w powietrzu, oddziaływa już szkodliwie na powstawanie skrobi w listniach rzodkwi. Natężenie światła, a prawdopodobnie i ciepłota, bardzo znaczny wpływ wywiérają na zależność powstawania skrobi od ilości kw. węglowego w powietrzu. Przy silniejszém oświetleniu, w zbogacenie powietrza w kw. węglowy, daleko bardziéj przyśpiesza powstawanie skrobi, aniżeli przy słabszém. Porównajmy np. wypadki doświadczenia III i IV. W pierwszém z nich tylko światło rozproszone do roślin dochodziło; w drugiém, były one wystawione na bezpośrednie działanie promieni słońca. To téż w doświadczeniu III, rośliny znajdujące się w powietrzu 8% kw. węglowego zawiérającém, tylko dwa razy prędzéj, a w doświadczeniu IV, cztéry razy prędzéj

6

wytwarzały skrobię, aniżeli te, które umieszczone były w zwyczajnéj atmosferze. Co więcéj, jeżeli światło jest bardzo słabe, jak bywa w dniach słotnych, wtedy przymieszka kilku odsetek kw. węglowego do powietrza, wcale nawet nie przyśpiesza powstawania skrobi. (dośw. IX, XVII, XIX). Odwrotnie znowu rzecz się ma, ze szkodliwym wpływem zbyt wielkich ilości kw. węglowego w powietrzu na powstawanie skrobi. Wpływ ten jest tém szkodliwszy, im natężenie światła jest słabszém, jak to pokazuje bardzo wyraźnie doświadczenie XI, umyślnie w tym celu urządzone; albo porównanie doświadczenia X z XVII. Widzieliśmy już, że w pracy mojéj nad rozkładem kw. węglowego przekonałem się, iż przy silniejszém natężeniu światła mała przymieszka kw. węglowego więcéj przyśpiesza, a większa mniéj opóźnia ten rozkład, aniżeli przy świetle słabszém; można więc było przewidywać, że i z powstawaniem skrobi rzecz się będzie miała podobnie, co téż jak widzimy i doświadczenie najzupełniéj stwierdziło.

Wszystkie zatém wypadki, do których doszedłem przy badaniu wpływu ilości kw. węglowego w powietrzu na jego rozkład przez liście roślin, znalazły się teraz, w doświadczeniach nad wpływém tegoż samego czynnika na szybkość powstawania skrobi.

To potwierdzenie ma tém większą doniosłość, że usuwa zarzut, jakiby można było zrobić mojéj pracy nad rozkładem kw. węglowego, że z doświadczeń robionych na oderwanych od rośliny liściach wnioskujemy o czynnościach tychże liści będących w związku z rośliną. Tutaj robione były doświadczenia na całych roślinach, a jednak doprowadziły one do tych samych

co i tamte wypadków. Chciałem się jeszcze przekonać, czy wyniki byłyby takie same, gdybyśmy powstawanie skrobi badali także na oderwanych liściach [1]); i w tym względzie, doświadczenia XVI, XXI i XXII nie pozostawiają żadnéj wątpliwości. W liściach oderwanych, skrobia zupełnie w tenże sam sposób powstaje, jak i w liściach zostających w związku z rośliną, a nawet i szybkość powstawania jéj jest i tu zależną od ilości kw. węglowego znajdującego się w powietrzu, w którém liść jest umieszczony.

Wypadki doświadczeń nad powstawaniem skrobi dadzą się streścić w następujących punktach:

1. *Przymieszka kilku odsetek kw. węglowego do powietrza roślinę otaczającego, przyśpiesza znacznie powstawanie skrobi w gałeczkach zieleni.*

2. *Im natężenie światła jest silniejsze, tém korzystny wpływ wzbogacenia powietrza w kw. węglowy na wytwarzanie skrobi przez liście, jest widoczniejszy.*

3. *W najkorzystniejszych warunkach, oświetlenia przy 4—8% kw. węglowego w powietrzu, potrzeba 15 minut, a w zwyczajnéj atmosferze całéj godziny czasu, żeby każda gałeczka zieleni w liściu (rzodkwi) wytworzyła tyle skrobi, aby ta dokładnie wykrytą być mogła.*

4. *Przymieszka kilkunastu, a tém bardziéj kilkudziesięciu % kw. węglowego w powietrzu, wpływa szkodliwie na powstawanie skrobi w liściach.*

5. *Ten wpływ szkodliwy jest tém większy, im światło słabsze.*

6. *Komórki tkanki palisadowéj bardziéj cierpią w swéj czynności od zbyt wielkich ilości kw. węglowego,*

---

[1]) Wytwarzania się skrobi w oderwanych liściach dotąd nikt nie obserwował.

niż komórki tkanki gębczastéj; najmniéj zaś te komórki, które są w pobliżu pęczków naczyniowych położone.

7. Liście oderwane od rośliny wytwarzają skrobię tak samo, jak i liście w związku z rośliną będące.

Uwagi polemiczne.

Wypadki obu części niniejszéj pracy, są najsilniejszym jaki tylko może być poparciem zdania, że w istocie skrobia w gałeczkach zieleni nie jest niczém inném, jak tylko wynikiem sprawy przyswajania, istotą wyrobioną przez gałeczki zieleni z kw. węglowego i wody. Jeżeli bowiem, pomimo zupełnie jednakowych warunków oświetlenia i ciepłoty, tworzenie się skrobi w powietrzu 4—8% kw. węglowego zawiérającém, odbywa się przynajmniéj 4 razy szybciéj, aniżeli w zwyczajnéj atmosferze, jeżeli nadto, w roślinie, do któréj kw. węglowy nie ma wcale przystępu, pomimo najprzyjaźniejszych warunków oświetlenia, skrobia zupełnie w gałeczkach zieleni powstawać nie może;— to w tych objawach mamy najoczywistszy dowód, że kw. węglowy obok wody jest właśnie owym surowym materyjałem, z którego gałeczki zieleni skrobię wytwarzają. Dostarczenie takiego nowego dowodu, na poparcie dawno już przyjętego zapatrywania się na rolę skrobi w gałeczkach zieleni, jest têm bardziéj na czasie, że nie dawno pojawiły się głosy powątpiewające o prawdziwości tego zapatrywania się. Uczony niemiecki Böhm w rozprawie [1]) o oddychaniu roślin

[1]) *Böhm. Ueber die Respiration der Landpflanzen.* Odbitka z *Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wissenschaft. in Wien.* 1873.

lądowych, przed 2 laty wydanéj, sądzi, że ilość kw. węglowego, jaka w danym czasie może być rozłożoną przez liście roślin, jest zbyt małą w stósunku do szybkości z jaką skrobia się wytwarza, aby bez dalszego sprawdzenia przyjąć było można, że skrobia ta powstaje w skutek jego rozkładu. Böhm mniema raczéj: „że w komórce nie zawiérającéj skrobi, bądź to w jéj wnętrzu, bądź téż w ściankach, znajduje się pewna istota organiczna, która w czasie przemiany materyi w ciemności, nie może być daléj spożytkowaną, z powodu, że nie jest w zupełności przyswojoną *(ihrer „unvollständigen Assimilation wegen).* Aby to przypusz- „czalne ciało postać skrobi przyjąć mogło, lub aby mo- „gło posłużyć za materyjał budowlany, potrzebuje „jeszcze uledz dalszym przemianom, które tylko pod „wpływem światła dokonać się mogą.“ W ten sposób utartą i na doświadczeniach opartą teoryję Sachsa stara się Böhm zastąpić swoim odrębném na samych przypuszczeniach opartém zapatrywaniem.

Gdy dla zapewnienia sobie prawa pierwszeństwa, ogłosiłem był w Lipcu 1873 r. w czasopiśmie Flora, krótką notatkę o moich doświadczeniach, Böhm podjął na nowo sprawę znaczenia skrobi w gałeczkach zieleni, a wypadki odnośnéj swéj pracy ogłosił w zeszycie Marcowym 1874 sprawozdań akademii umiejętności w Wiedniu p. t. *„Ueber die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins.“* Przy podjęciu téj pracy, miał jak powiada nadzieję [1]) przekonać się, że jego wątpliwości co do prawdziwości

---

[2]) str. 8 w odbitce.

panującego zapatrywania się, są mylne, i z żalem, jak twierdzi, przeświadczył się, że tak nie jest.

W początkowych swoich badaniach postępował Böhm, jak powiada, tak samo jak Kraus i ja, to jest: przed każdém doświadczeniem badał listnie, czy nie zawiérają skrobi. Wypadki, jakie tą drogą otrzymywał, były, jak twierdzi — już zgodne z naszymi, już téż im przeciwne. Za przyczynę tych różnorodnych wypadków, uważa Böhm trudność wychodowania roślinek, których gałeczki zieleni byłyby dokładnie wykształcone, a jednak od skrobi wolne. Pozbawienie zieleni istoty skrobiowéj przez umieszczenie roślin w ciemności, czasem udawało mu się bardzo łatwo, a czasem następowało dopiéro po kilku dniach i wtedy, po przeniesieniu rośliny na światło, gałeczki zieleni całymi dniami pozostawały zupełnie od skrobi wolne. Te trudności zdawały się Böhmowi tak niepodobnemi do przezwyciężenia, że wolał zupełnie dotychczas używaną metodę w swoich badaniach porzucić, i uznać ją za nieprowadzącą do celu. „Te wypadki, „mówi on [1]), przekonały mnie, że za pomocą metody „dotychczas używanéj, do żadnych stanowczych wy„padków dojść nie można.“ Co do mnie, sądzę mimo tego twierdzenia Böhma, że wypadki, które za pomocą téj metody otrzymałem i powyżéj podałem, są najzupełniéj stanowcze. Jeżeli zaś Böhm metodę tę za złą uważa, to pochodzić to musi chyba ztąd, że nie zachowywał potrzebnych przy niéj ostrożności.

O ostrożnościach tych, mówiliśmy już na właściwém miejscu niniejszéj rozprawy. Wspomnieliśmy

---

[1]) str. 9.

tam, że roślina nigdy dłużéj jak 24 godzin w ciemności trzymaną być nie powinna. Jeżeli zaś Böhm twierdzi, że czas ten często nie wystarcza do pozbawienia liści skrobi, i że do tego nie raz kilku dni potrzeba,— to znowu pochodzić to musi ztąd, że albo odpowiednie doświadczenia robił przy zbyt niskiéj ciepłocie, albo téż używał do nich zbyt młodych jeszcze i w listniach tłuszcz zawiérających roślinek; tak, że ten tłuszcz stopniowo w ciągu doświadczenia w skrobię się przeobrażając, utrudniał tém samém ostateczne jéj zniknięcie.

Ale nie dosyć na tém, że Böhm bez potrzeby porzucił dotychczas używaną metodę; sam punkt wyjścia jego pracy, samo postawienie sobie przez niego pytania jest zupełnie fałszywe. Pytanie to ułożył on sam w sposób następujący:

„Ostatnia (skrobia w listniach), jest albo jak „twierdzą Kraus i Godlewski bezpośrednim płodem „przyswojonego przez zielone listnie kw. węglowego,— „albo téż jak ja przypuszczam, jest powstałym z prze„obrażenia się zapasowych istot odżywczych, już po„przednio znajdujących się w listniach.“

Aby na to pytanie odpowiedzieć, postępował Böhm w sposób następujący: Po kilkaset nasion jednéj z 3 używanych przez siebie roślin, zasiéwał na wilgotnéj flaneli, rozciągniętéj na porcelanonych miseczkach. Jedne z tych miseczek umieszczał w zwyczajnéj, drugie w pozbawionéj kw. węglowego atmosferze, jedne w świetle, drugie w ciemności; a po upływie kilku dni przeznaczonych na doświadczenie, zbiérał roślinki, odbarwiał je wyskokiem, a następnie działał na nie w całości wodnikiem potasowym, wodą, kw. octowym, znów potém wodą, aż wreszcie zamykał je

w rurkach napełnionych roztworem jodowym. Stósownie do zabarwienia jakie roślinki z jodem przybiérały, rozdzielał je na ciemno, jasno fioletowe i bezbarwne, — jednem słowem badał roślinki na zawartą w nich skrobię. Jeżeli teraz, znajdował pomiędzy roślinkami, które rosły w atmosferze pozbawionéj kw. węglowego mniéj więcéj taką samą ilość roślinek fioletowo zabarwionych, jak i między temi, które rosły w zwyczajnéj atmosferze; — jeżeli nadto, znajdował skrobię w roślinkach wychodowanych w ciemności; to widział w tém najoczywistszy dowód, że skrobia w listniach powstaje bez współudziału kw. węglowego.

Ale doświadczenia te dowodziły tylko, że tłuszcz nasion przy ich kiełkowaniu przebraża się w skrobię. Jest to objaw o którym dziś chyba nikt nie wątpi, i który znany jest od lat 12 [1]).

Na ten objaw zwróciliśmy uwagę zaraz w pierwszém doświadczeniu I. części pierwszéj niniejszéj pracy. Widzieliśmy tam, że i listnie roślinek do których kw. węglowy nie miał przystępu, zawiérały w pierwszych okresach swego rozwoju skrobię. Ale téż téj skrobi, ani ja, ani nikt zapewne za wynik z rozkładu kw. węglowego powstający nie uważa, skoro jeszcze w r. 1863 wykazał Sachs, że powstaje z przeobrażenia się tłuszczu. Dla tego to trudno mi pojąć, na jakiéj zasadzie Böhm twierdzi, że pochodzenie skrobi w listniach dotąd źle było tłumaczone, i że on dopiéro właściwie je objaśnił.

---

[1]) *Sachs. Ueber die Stoffe welche das Material zum Wachstum der Zellhäute liefern. Jahrb. für Wissenschaftliche Bot.* 1863.

Ja tak samo jak Kraus, Sachs i zdaje się wszyscy nowsi fizyjologowie, sądzę tylko, że skrobia w gałeczkach zieleni listniów już rozwiniętych, w których istoty zapasowe nasienia są już wyczerpane, powstaje w skutek rozkładu kw. węglowego, czyli że jest wypadkiem sprawy przyswajania. Co zaś do skrobi powstającéj w listniach przy kiełkowaniu, to, tak samo jak Böhm, uważam za istotę powstającą z przeobrażenia się tłuszczu.

Całe nieporozumienie, z którego rozprawa Böhma powstała, pochodzi ztąd, że badacz ten, w niepojęty dla mnie sposób, pomięszał występowanie skrobi w listniach nasion kiełkujących, z powstawaniem skrobi w gałeczkach zieleni listniów już rozwiniętych. Są to dwie czynności nie mające ze sobą nic wspólnego. Piérwsza z nich jest prostą przemianą materyi, druga nowém tworzeniem się istoty organicznéj.

Tymczasem Böhm, wykazawszy mnogiemi, ale zupełnie zbytecznemi doświadczeniami rzeczywistość pierwszéj z tych czynności, zdaje się sądzić, że udowodnił fałszywość powszechnie panującego zapatrywania na czynność drugą.

Metoda używana przez Böhma mogła tylko służyć do zbadania okoliczności, przy których przeobrażenie tłuszczu w skrobię w czasie kiełkowania nasion tłuszczowych, najłatwiéj się dokonywa; ale nigdy nawet użytąby nie mogła być do badania powstawania skrobi w gałeczkach zieleni rozwiniętych listniów. Ile że do tego, aby skrobia w gałeczkach zieleni mogła powstawać, nie tylko potrzeba wpływu światła i przystępu kw. węglowego ale i innych jeszcze warunków, jak obecności pewnych soli mineralnych

w gruncie na którym rośnie roślina [1]). Dla tego chcąc robić tego rodzaju doświadczenia, należy przy nich chodować rośliny w ziemi, a nie na wilgotnéj flaneli, jak to robił Böhm. Z tych wszystkich względów, całe wystąpienie Böhma uważać musimy za zupełnie chybione, a zarzuty jego przeciwko zapatrywaniu się nowszéj fizyjologii na rolę skrobi w gałeczkach zieleni, uznać za bezzasadne.

Utrzymujemy zatém w całéj mocy zdanie, że skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą wytworzoną w czasie sprawy przyswajania, z kw. węglowego i wody. Ze względu na rozprawę, jaka przy przedstawieniu niniejszéj mojéj pracy na posiedzeniu wydziału przyrodniczego Akademii Umiejętności miała miejsce, winien jestem jeszcze dać wyjaśnienie, jak zdanie powyższe rozumiéć należy. Otóż, mówiąc, że skrobia w gałeczkach zieleni z rozkładu kw. węglowego i wody powstaje, nie rozumię przez to, aby to powstawanie miało miejsce zupełnie bezpośrednio, bez żadnych innych przejściowych działań chemicznych, — ale tylko to, że jakiekolwiek byłyby te działania, ostatecznym a zarazem pierwszym widocznym ich wypadkiem, jest wytworzenie się skrobi. Tworzenie się skrobi w roślinach, wyrażają zwykle wzorem:

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2.$$

Wzór ten, wskazuje ostateczny wypadek sprawy przyswajania, ale bynajmniéj nie ma znaczyć, że przebieg jego tak bezpośrednio się odbywa, jak ten wzór

[1]) *Nobbe Schroeder u. Erdmann. Ueber die Organische Leistung des Kalium in der Pflanze. Cheumitz.* 1871.

wyraża. Jakie przemiany chemiczne towarzyszą sprawie przyswajania u roślin, tego zupełnie nie wiemy; a czcze przypuszczenia, jakieby w tym względzie robić można, w niczém nie przyczynią się do wyjaśnienia sprawy. Teoryje takie jak Kiebiga lub Rochledera, pomimo swego wysokiego zakroju, pomimo stanowczéj formy z jaką je ich autorowie wygłaszali, pomimo wreszcie powagi tych autorów, — poszły w zupełne zapomnienie. Aby poznać jak czczemi są przypuszczenia nawet najgenialniejszych uczonych, jeźli nie opiérają się na gruncie doświadczalnym, rozbiéramy je po krótce. Liebig twierdzi, że kw. węglowy nim przejdzie w jakiś wodań węgla, zamienia się pierwéj w organiczne kwasy, coraz to uboższe w węgiel. Przeistacza się więc kolejno w kwas szczawiowy, winowy, jabłkowy, cytrynowy itd. Te zatém jak i inne występujące w roślinach kwasy, uważał Liebig jako pośrednie stopnie pomiędzy kw. węglowym a wodanami węgla. Idąc daléj, sądził Liebig, że wyjaśnił znaczenie zasad mineralnych niezbędnych roślinom, uważając je jako potrzebne do zobojętnienia tworzących się w ten sposób kwasów. Nawet zasadom organicznym, t. z. alkaloidom, tę samą przypisywał on rolę; tak, że nieledwie wszystkie związki organiczne w roślinach występujące, znalazły w przypuszczeniu Liebiga swoje usprawiedliwienie, i uważane były jako niezbędne czynniki sprawy przyswajania. Ale niestety całe to przypuszczenie nie miało żadnych podstaw;

---

[1]) *Liebig. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur Pflanzen phisiologie. Brunschweig* 1865 T. 1. s. 48 — 50.

było tylko grą wyobraźni znakomitego chemika. Oprócz pewnika, że w tym samym organie roślinnym i kilka z wyżéj wspomnianych kwasów często współcześnie się znajduje, nic więcéj na poparcie swego twierdzenia Liebig nam nie podaje. Już więc z powodu braku pozytywnych dowodów, przypuszczenia Liebiga za naukową teoryją brać nie można. Znalazły się téż wkrótce i fakta przeciwko niéj mówiące. Wykazano, że w wielu przynajmniéj wypadkach, kwasy — szczególniéj nad ranem — obficie się znajdnją, a w ciągu dnia znikają, Gdyby wszakże miały w istocie to znaczenie, jakie im Liebig przypisuje, to właśnie w ciągu dnia najwięcéj gromadzić by się ich powinno.

Nie wiele szczęśliwsze są przypuszczenia Rochledera [1]). Broni on Liebiga przeciwko słusznym zarzutom Mohla a więc uznaje ich prawdziwość, mimo to jednak ze swéj strony stawia nowe przypuszczenia, zupełnie różne od tych jakie postawił Liebig. Rochleder sądzi, że kw. węglowy traci tylko połowę ze swego tlenu zamieniając się na tlenek węgla, który łącząc się z wodą wydaje kw. mrówkowy. Dowód tego widzi w syntezie Bertelota, który otrzymał kw. mrówkowy przez działanie tlenku węgla na wodę. Rodnik kw. węglowego czyli formyl utworzony w ten sposób, ma się podstawiać za wód w materyjach roślinnych już istniejących, i tworzyć związki więcéj złożone. Z drugiéj strony przez zastąpienie tlenu formylu przez wód, będący w stanie rodnia w skutek rozkładu wody, — ma się tworzyć metyl; a gdy w ten

---

[1]) *Chemie u. Physiologie der Pflanzen. Heidelberg 1858*. str. 108 — 112.

sposób formyl i metyl są utworzone, to już przez podstawienie się rodnika jednego, w miejscu wodu w drugim rodniku, cały szereg homologiczny połączeń grupy tłuszczowéj powstawać może. Przytém, w miarę potrzeby połączenia już w roślinach się znajdujące mają tracić tlen, albo przybiérać wód i węgiel z rozkładu kw. węglowego i wody pochodzące, a w ten sposób tworzyć coraz więcéj złożone i w tlen coraz uboższe związki. Związki bardziéj złożone mają się znów pod wpływem pewnych fermentów rozpadać na prostsze. Tworzenie się wodanu węgla wyprowadza Rochleder od glykosidów, które rozszczépiając się — dają glykosę i resztę. Glykosa, może zmieniać się na inne wodany węgla; reszta zaś, albo już daléj zużytą nie bywa, albo téż może znów przybiérać pewne rodnie, tworzące się z rozkładu kw. węgl. i wody, i na nowo późniéj się rozszczépiać, Glykozydom tedy przypisuje Rochleder pierwszorzędne znaczenie w życiu roślin; uważa je bowiem za jedyne źródło, z którego wodany węgla powstają. Atoli cały ten gmach przypuszczeń wzniesiony przez Rochledera, jest tylko jednym z tysiąca przpuszczeń, jakie chemik (obdarzony pewną żywością wyobraźni) o przebiegu sprawy przyswajania wytworzyć sobie może, a za których prawdziwością tak mało przemawia, że nawet zbijanie ich jest prawie rzeczą zbyteczną.

Gdyby pierwsze przemiany chemiczne kw. węgl. i wody, odbywały się w taki i tak różnorodny sposób jak sobie Rochleder wyobraża, to trudnoby nawet pojąć, dla czego zawsze — taka sama albo mało co różna objętość tlenu, zostaje przez liście wydzieloną, jaką jest pochłonięta objętość kw. węglowego.

Glykosydy nie mogą téż miéć znaczenia takiego, jakie im Rochleder chce nadawać już dla tego, że głównym ich siedliskiem nie są liście, w których właśnie wodany węgla się wytwarzają, ale najczęściéj kora, lub nawet korzenie roślin. Trzymając się ściśle spostrzeżonych zjawisk, to tylko na pewno powiedziéć możemy że: ostatecznym wynikiem rozkładu kw. węglowego i wody — jest skrobia, żadnych zaś pośrednich istot pomiędzy nią a materyjałami surowemi, z których powstaje dotąd nie znamy. Bacząc zaś na szybkość z jaką skrobia powstaje, na stały i niezmienny stosunek między ilością pochłoniętego kw. węglowego i wydzielonego tlenu, za rzecz prawdopodobną uznać musimy; że nawet skrobia lub przynajmniéj ciało jednego z nią składu, jest pierwszym produktem z kw. węglowego i wody w roślinie powstającym. W jaki sposób czynność tego powstawania skrobi się odbywa, jaki udział biorą w nim istoty organiczne już w roślinie zawarte i sole mineralne do tego niezbędne, jaką przytém rolę odgrywa pierwoszcze, a jaką sam barwik zieleni? — są to wszystko pytania, na które w dzisiejszym stanie nauki żadnéj odpowiedzi dać nie jesteśmy w stanie; i póki doświadczalnego gruntu nie będziemy miéć pod nogami, najlepiéj poprzestać na wyznaniu naszéj w tym względzie niewiadomości.